

REC'D	08 JUN 1998
WIPO	PCT



Bescheinigung

PRIORITY DOCUMENT

Die Dornier GmbH in Friedrichshafen/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur IR-Tarnung sowie IR-Reflektor"

am 14. März 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig das Symbol F 41 H 3/00 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 27. März 1998
Der Präsident des Deutschen Patentamts
Im Auftrag

München: 197 10 692.7

Ebert

BEST AVAILABLE COPY

~~GEHEIM~~



Dornier GmbH

88039 Friedrichshafen

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

Tgb. Nr. 40/97 geh.

1. Ausfertigung
Seitenzahl: 17 geh.

5 Reg. 3345

Verfahren zur IR-Tarnung sowie IR-Reflektor

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Infrarot(IR)-Tarnung, insbesondere von Schiffen, nach dem Oberbegriff des Anspruch 1 sowie einen IR-Reflektor.

15 Schiffe stellen aufgrund ihrer Größe und Struktur leicht auffaßbare Punktziele vor einem nahezu uniformen Hintergrund dar. Sie sind hauptsächlich bedroht durch Seezielflugkörper, welche in zunehmendem Maße mit kombinierten Mikrowellen- und Infrarotsensoren und raffinierten Suchalgorithmen ausgestattet werden.

Zur Abwehr werden hauptsächlich Täuschkörper und aktive Bekämpfung eingesetzt, während echte Tarnmaßnahmen im Sinne einer Signaturreduzierung bislang kaum zur Verfügung stehen. Zwar kann die Radarsignatur eines Schiffes dank moderner Rechenmethoden komplett bestimmt und die Wirkung möglicher Gegenmaßnahmen zuverlässig simuliert werden, jedoch ist die technische Umsetzung sehr aufwendig und erfordert bei konsequenter Durchführung eine völlig veränderte Formgebung, was nur im Rahmen von Neukonstruktionen durchgeführt werden kann.

~~GEHEIM~~

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten



~~GEHEIM~~

Im Infraroten ist kein vergleichbares Kennnisgrad vorhanden. Das hängt damit zusammen, daß die IR-Signatur eines Objekts keine feste Größe darstellt, wie dies bei Radarrückstreuung der Fall ist, sondern in komplexer Weise von den Umgebungsbedingungen beeinflußt wird.

5

Der von einem Körper ausgehende Wärmestrahlung läßt sich nach folgender Formel beschreiben:

$$S = \epsilon \sigma T^4 \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} \epsilon: \text{Wärme-Emissionsgrad} \\ \sigma: \text{Stefan-Boltzmann-Konstante} \\ T: \text{Oberflächentemperatur} \end{array}$$

10

Da die Temperatur mit der 4. Potenz eingeht, entsteht zwischen dem Objekt und seinem Hintergrund, im vorliegenden Fall zwischen dem Schiff und der Wasseroberfläche bzw. dem Horizont, ein starker Kontrast, der von hochempfindlichen IR-Suchköpfen aus größerer Entfernung zu erkennen ist. Hauptsächlich Strahlungsquellen sind insbesondere Schornsteine, Fenster, Antennen, aber auch die großflächige Bordwand.

15

20

Durch konstruktive Maßnahmen kann die Oberflächentemperatur T abgesenkt und damit die Signatur reduziert werden. Beispielsweise kann durch eine Verkleidung des Schornsteins oder durch eine gute thermische Isolierung des Maschinenraums ein beträchtlicher Tarneffekt erzielt werden. Diese konstruktiven Grundmaßnahmen sind sehr wichtig, und doch sind dieser Methode im allgemeinen enge Grenzen gesetzt. Eine weitgehende Wärmedämmung der Schiffshülle

25

~~GEHEIM~~

verbietet sich, abgesehen von den Kosten schon deshalb, weil dann die Oberflächentemperatur noch stärker durch Sonneneinstrahlung, Wind, Vereisung,

14.3.1997

etc. beeinflußt werden würde. ~~GEHEIM~~ damit eher ein negativer Einfluß auf die
GesamtSignatur ergäbe. auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

5 Eine effektivere Maßnahme zur IR-Tarnung besteht darin, die Abstrahlung durch
Veränderung des Emissionsgrads ϵ zu beeinflussen. Dies kann durch Aufbrin-
gen eines schwach emittierenden Anstrichs oder einer schwach emittierenden
Folie erreicht werden. Diese Maßnahme ist jedoch mit einem schwerwiegenden
Problem verknüpft: Bei Absenkung des Emissionsgrads steigt grundsätzlich in
gleichem Maße der IR-Reflexionsgrad ρ an nach der Formel

10
$$\rho = 1 - \epsilon.$$

Aufgrund dieses Zusammenhangs kann bei Verwendung niedrigemissiver Flä-
chen die Signatur des Schiffes ungünstig und unberechenbar beeinflußt wer-
den. Dabei sind besonders die folgenden Effekte zu nennen:

- 15 - Bei klarem Himmel und nach oben geneigten niedrigemissiven Flächen ent-
stehen starke cold spots (bezogen auf die horizontale Beobachtungsrich-
tung). Seezielflugkörper der nächsten Generation werden in der Lage sein,
den Horizont sehr sensibel und mit hoher Auflösung abzutasten. Somit wird
ab einer bestimmten Entfernung bei Anwesenheit von starken cold spots ein
signifikantes Zielprofil im Suchkopf erzeugt, das dem Flugkörper eine be-
sonders hohe, kaum mehr störbare Treffsicherheit vermittelt.
- 20 - Bei sonnigem Wetter kann im SWIR (SWIR= short wave infrared, 3 - 5 μm) ein
zusätzlicher Störeffekt in Form von Sonnenreflexen auftreten, welcher durch
den Einsatz niedrigemissiver Flächen verstärkt wird. Ein Flugkörper heuti-
ger oder künftiger Bauart wird auch diese hot spots als echtes Ziel identifizie-
ren können.
- 25

~~GEHEIM~~

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten
Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur IR-Tarnung zu schaffen, mit der

14-00000

~~GEHEIM~~

ein wirksame Verminderung der Reflektivität des zu tarnenden Objekts erreicht wird, wobei gleichzeitig die Gefahr der Einspiegelung von hot spots und cold spots vermieden wird.

- 5 Diese Aufgabe wird mit dem Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Ein IR-Retro-Reflektor zum Einsatz in dem erfindungsgemäßen Verfahren sowie vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind Gegenstand weiterer Ansprüche.

10 Grundlage des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die atmosphärische Besonderheit, daß die Intensität der Himmelstrahlung beträchtlich vom Beobachtungswinkel abhängt. Die kältesten Temperaturen treten, unabhängig vom Wetterzustand, am Zenith auf, während in Richtung Horizont praktisch die Temperatur der Luft gemessen wird. Dies trifft insbesondere zu für Bedingungen, wie sie über der Meeresoberfläche bestehen. Ein Beispiel für diesen Effekt ist in der Fig. 1 dargestellt.

15 Die zeigt die Intensität der Himmelstrahlung auf Meeresniveau als Funktion des Winkels über dem Horizont (Oetjen et al; J. Opt. Soc. Am. 50, 1313 f, (1960) für die Winkel 0° , $1,8^{\circ}$, $3,6^{\circ}$, $7,2^{\circ}$, $14,5^{\circ}$, 30° und 90° .

20 Die Bedrohung durch Seezielflugkörper erfolgt stets aus der Horizontalen. Das typische Wärmebild einer Szene auf offener See aus der Perspektive eines Seezielflugkörpers ist gekennzeichnet durch

- sehr niedrige Strahlungstemperaturen am Zenith und einem Übergang zu höheren Temperaturen in Richtung Horizont,
- das Schiff weist aufgrund seiner internen Wärmeentwicklung oder durch Sonneneinstrahlung gegenüber dem Wasser in der Regel eine etwas höhere Temperatur auf,

25

- das Schiff unterbricht die Horizontlinie

~~GEHEIM~~

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

Der entscheidende Gedanke der Erfindung liegt darin, den hinter dem Schiff lie-

14-5-10007

~~GEHEIM~~

genden Horizontbereich durch ~~ein~~ ^{auf amtliche Veranlassung geheimgehalten} anderen, im Vordergrund oder seitlich liegenden Horizontbereich zu ersetzen. Dies wird erreicht durch Einspiegelung des Horizonts mittels eines IR-Reflektors an Bord des zu schützenden Schiffs. Auf offener See sind die scheinbaren Temperaturen des Horizonts praktisch unabhängig von der Betrachtungsrichtung, da sie im wesentlichen durch die Lufttemperatur und Streueffekte bestimmt werden. Somit kann eine perfekte Anpassung des Schiffs an dessen Hintergrund erreicht werden.

Es ist darauf hinzuweisen, daß das erfindungsgemäße Verfahren nicht nur für Schiffe geeignet ist, sondern allgemein zur Objektarnung, also auch auf dem Land, angewandt werden kann. Voraussetzung ist lediglich, daß die Bedrohung, z.B. durch Flugkörper oder IR-Sichtgeräte, hauptsächlich aus der Horizontalen erfolgt.

Die Erfindung wird anhand von drei Fig. näher erläutert. Es zeigen:
Fig. 1 die Intensität der Himmelstrahlung auf Meeresniveau als Funktion des Winkels über dem Horizont, wie oben erläutert,
Fig. 2 eine Ausführung des erfindungsgemäßen IR-Reflektors,
Fig. 3 eine weitere Ausführung des erfindungsgemäßen IR-Reflektors.

Fig. 2 zeigt den Aufbau eines erfindungsgemäßen IR-Reflektors in Form einer niedrigemittierenden Mikrostruktur, mit der die Einspiegelung des Horizonts gemäß der Erfindung vorteilhaft erreicht werden kann. Sie umfaßt eine Reflektorschicht 3 aus einem IR-reflektierenden Material, insbesondere einem Metall wie z.B. Al, die auf einer Basisschicht 1, z.B. einer Strukturfolie aus Kunststoff, angeordnet ist. Die Reflektorschicht 3 ist dabei aus Richtung der einfallenden, zu reflektierenden IR-Strahlung betrachtet - vor der Basisschicht 1 anzuordnen. Die

~~GEHEIM~~

14.03.97

~~GEHEIM~~

Basisschicht 1 kann unmittelbar auf der Oberfläche des zu tarnenden Objekts angeordnet sein.
auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

Die Reflektorschicht 3 weist auf der Seite, die in Richtung auf die einfallende, zu reflektierende IR-Strahlung auszurichten ist, eine Rillenstruktur auf. Die Rillen verlaufen parallel zueinander, wobei benachbarte Rillen vorteilhaft unmittelbar aneinander angrenzen, so daß sich insgesamt eine waschbrettartige Struktur ergibt. Der Querschnitt der Rillen ist V-förmig, wobei der Winkel zwischen den beiden Schenkeln gerade 90° beträgt. Für die Tiefe der Rillen (gemessen entlang der Winkelhalbierenden) gilt, daß sie größer als die Wellenlängen der zu reflektierenden IR-Wellenlängen, also mindestens $12 \mu\text{m}$, sein muß. Eine prinzipielle obere Grenze für die Tiefe der Rillen ist nicht vorhanden. Vorteilhaft wird man die Tiefe jedoch kleiner als die Wellenlänge von Radarstrahlen, d.h. kleiner als 1 mm , wählen, damit das Radarrückstreusignal nicht beeinflußt wird. In einer bevorzugten Ausführung wird die Tiefe der Rillen bevorzugt im Bereich von etwa $20 \mu\text{m}$ bis $100 \mu\text{m}$ gewählt.

Die gesamte in Fig. 2 dargestellte IR-Reflektorstruktur kann unmittelbar auf die Objektoberfläche 11, also z.B. auf ein Schiff und seine verschiedenen Aufbauten, aufgebracht, z.B. geklebt werden. Zur Erreichung der erfindungsgemäßen Einspiegelung des Horizonts muß der Reflektor derart ausgerichtet werden, daß die Rillen im wesentlichen horizontal verlaufen.

Die beschriebene IR-Reflektorstruktur kann als zweidimensionaler Retro-Reflektor bezeichnet werden, im Gegensatz zu den bekannten dreidimensional wirkenden Retro-Reflektoren, wie sie beispielsweise an Fahrzeugrückstrahlern (Katzenaugen) eingesetzt werden. Wenn die Rillen im wesentlichen horizontal verlaufen, bleibt der Winkel zwischen einem einfallenden Strahl 20 und der Hori-

~~GEHEIM~~

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

~~GEHEIM~~

zontalen bei der Reflexion an der Reflektorschicht 3 erhalten. So wird insbesondere ein horizontal einfallender Strahl stets in horizontale Richtung reflektiert. Bezüglich des Azimutwinkels besteht jedoch keine Retro-Wirkung, hier folgt der Strahlengang dem normalen spekularen Reflexionsgesetz.

5

Auf diese Weise nimmt jedes Flächenelement des Schiffs eine scheinbare Temperatur an, die der eines seitlichen Horizontbereichs entspricht. Welcher Bereich im einzelnen gesehen wird, hängt vom Winkel zwischen den Flächennormalen und der Flugbahn ab. Da die Schiffstruktur viele verschiedene azimutale Winkel umfaßt, wird in jedem Fall eine Mittelung über einen größeren Horizontalbereich stattfinden.

10

Die Rillen können zweckmäßigerweise mit einem IR-transparenten Material 9, z.B. Polyethylen (PE) oder anderen Polyolefinen, gefüllt werden, um die Ansammlung von Schmutz in den Rillen zu vermeiden.

15

Auf die IR-Reflektorstruktur kann zusätzlich eine IR-transparente Farbfolie 7, z.B. für die Schifftarnung in fehgau, zur optischen Tarnung aufgebracht werden. Dabei können die Rillen als Hohlräume erhalten bleiben oder mit einem IR-transparenten Material (z.B. Polyethylen oder anderen Polyolefinen) ausgefüllt sein.

20

Das Grundmaterial für die Farbfolie 7 ist bevorzugt aus Polyolefin, insbesondere ein linear vernetztes Polyethylen niedriger Dichte (LLDPE). Polyolefine weisen eine hohe IR-Transparenz und damit eine geringe Absorption der IR-Strahlung auf. Um die optische Kontur des zu tarnenden Objekts zu verzerren, kann das Grundmaterial mit unterschiedlichen Farbpigmenten eingefärbt werden. Die Farbpigmente besitzen dabei eine geringe Infrarotemission und sind stabil

25

~~GEHEIM~~

GEHEIM

gegen ultraviolette Strahlung ^{auf amtliche Veranlassung geheimgehalten} werden solche Pigmente verwendet, die in den für die Infrarotaufklärung und Beobachtung relevanten atmosphärischen Fenstern im Wellenlängenbereich von $\lambda = 3 - 5 \mu\text{m}$ und $\lambda = 8 - 12 \mu\text{m}$ keine stoffspezifischen Absorptionsbanden aufweisen.

Da die bevorzugte Tiefe der Rillen bei etwa $20 \mu\text{m}$ bis $100 \mu\text{m}$ liegt, kann das gesamte System in Form einer gut handhabbaren, leichten Verbundfolie realisiert werden. Die Herstellung einer solchen Tarnfolie läßt sich ohne größeren Fertigungsaufwand erreichen. Beispielsweise kann zunächst das Rillenprofil auf der Basisschicht durch Heißprägen erzeugt werden. Anschließend wird die Reflektorschicht durch Metallisierung der Trägerfolie aufgebracht und mit der Farbfolie, ggf. nach Einbringen der Füllung für die Rillen, laminiert.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführung des erfindungsgemäßen IR-Reflektors. Anders als bei der Ausführung nach Fig. 2 ist hier zwischen der Farbfolie 7 und der Reflektorschicht 3 eine zusätzliche, IR-transparente Strukturfolie 5, insbesondere aus Polyethylen, angeordnet, deren eine Oberfläche derart ausgebildet ist, daß die Rillen ausgefüllt sind. Zur Herstellung wird die Rillenstruktur zunächst in der IR-transparenten Strukturfolie 5 erzeugt. Danach erfolgt die Metallisierung zur Aufbringung der Reflektorschicht 3 und die Laminierung mit der Farbfolie 7. Der Verbund wird anschließend unter Anwendung eines Klebverfahrens, z.B. Schmelzkleben, auf das zu tarnende Objekt aufgeklebt. Anstatt einer Strukturfolie, wie in der Ausführung nach Fig. 2, bildet somit der Klebefilm die Basis-schicht 1.

GEHEIM

Zusammenfassend ergeben sich für die Erfindung die folgenden Vorteile:

- weitgehende Unterdrückung der eigenen Temperaturstrahlung im gesam-

Bezugszeichenliste

GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

- 1 Basisschicht
- 3 Reflektorschicht
- 5 5 IR-transparente Strukturfolie
- 7 Farbfolie fehgrau
- 9 IR-transparente Füllung
- 11 Objektoberfläche
- 20 einfallende IR-Strahlung
- 10 30 ausfallender IR-Strahlung
- 40 Meeresoberfläche

15

20

25

GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

Patentansprüche:

GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

1. Verfahren zur IR-Tarnung, insbesondere von Schiffen, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem bedrohenden IR-Sensor mittels eines IR-Reflektors, der an dem zu tarnenden Objekt angeordnet ist, Horizontstrahlung eingespiegelt wird, so daß im Infraroten eine Anpassung des zu tarnenden Objekts an dessen Hintergrund erreicht wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der IR-Reflektor, der an dem zu tarnenden Objekt angeordnet ist, ein zweidimensionaler Retro-Reflektor mit im wesentlichen horizontal verlaufenden Rillen ist, wobei die Rillen einen V-förmigen Querschnitt mit rechtem Winkel aufweisen, so daß bei beliebigem Azimutwinkel einfallende horizontale Strahlung horizontal reflektiert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der bedrohende IR-Sensor der IR-Suchkopf eines Seezielflugkörpers ist.
4. IR-Reflektor zur IR-Tarnung, insbesondere zur IR-Tarnung von Schiffen, **gekennzeichnet durch** eine Reflektorschicht (3) aus einem IR-reflektierenden Material, deren Oberfläche rechtwinklige, V-förmige Rillen aufweist, und eine Basisschicht (1), auf der die Reflektorschicht (3) angeordnet ist, wobei die Rillen im wesentlichen horizontal anzuordnen sind, und die Reflektorschicht (3), aus Richtung der einfallenden, zu reflektierenden IR-Strahlung betrachtet, vor der Basisschicht (1) anzuordnen ist.

GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

GEHEIM

5. IR-Reflektor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Tiefe der Rillen im Bereich zwischen 12 µm und 1 mm, bevorzugt zwischen 20 µm bis 100 µm liegt.
auf amtliche Veranlassung geheimgehalten
- 5 6. IR-Reflektor nach einem der vorangehenden Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Basisschicht (1) aus einem Kunststoffmaterial besteht.
- 10 7. IR-Reflektor nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Basisschicht (1) aus einem Klebmaterial besteht.
8. IR-Reflektor nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rillen mit einem IR-transparenten Material (9), z.B. Polyethylen, ausgefüllt sind.
- 15 9. IR-Reflektor nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der Reflektorschicht (3) eine IR-transparente Farbfolie (7) angeordnet ist, und zwar derart, daß die Rillen als Hohlräume erhalten bleiben.
- 20 10. IR-Reflektor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der Reflektorschicht (3) eine IR-transparente Schicht (5), z.B. aus Polyethylen, angeordnet ist, welche die Rillen ausfüllt.
- 25 11. IR-Reflektor nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf der IR-transparenten Schicht (5) eine IR-transparente Farbfolie (7) angeordnet ist.
auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

GEHEIM

14.03.97

GEHEIM

12. IR-Reflektor nach einem der Ansprüche 9 oder 11, dadurch gekenn-
auf amtliche Veranlassung geheimgehalten
zeichnet, daß das Grundmaterial der Farbfolie (7) aus Polyethylen be-
steht, in welches IR-transparente Farbpigmente eingebracht sind.

5

10

15

20

25

GEHEIM

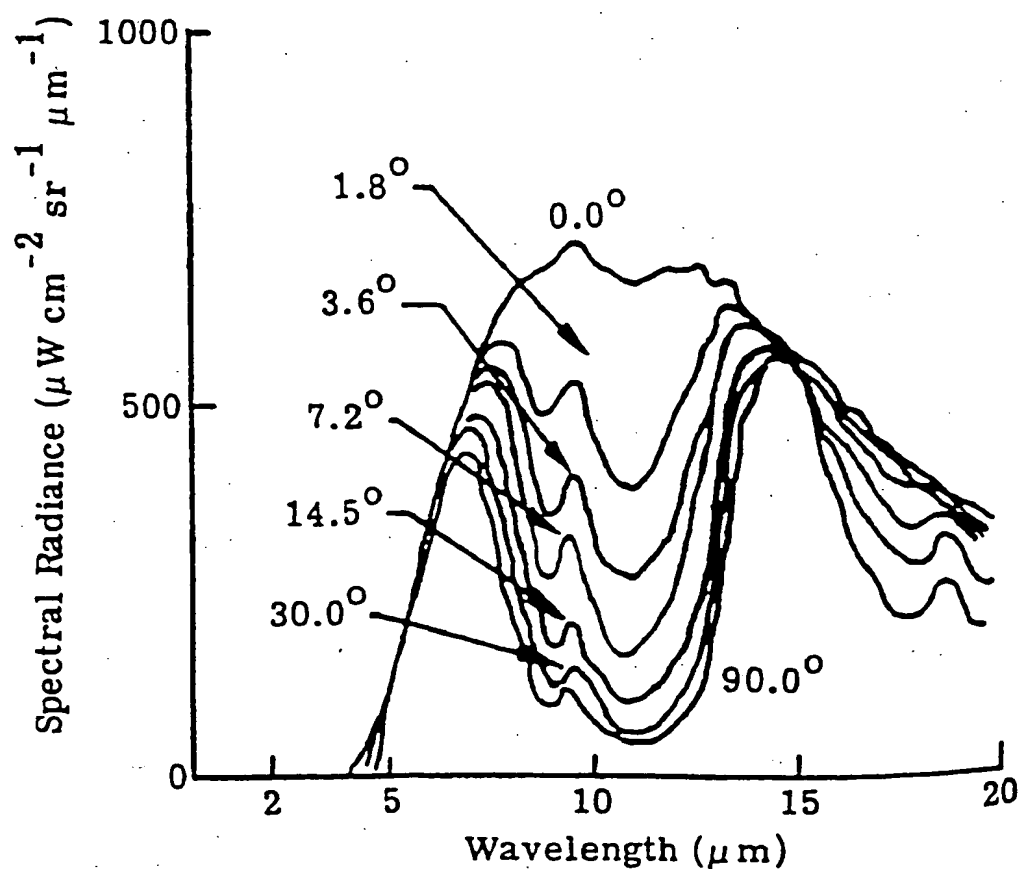
auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

14-03-97

GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

Fig. 1



GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

14.03.97

Fig. 2

GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

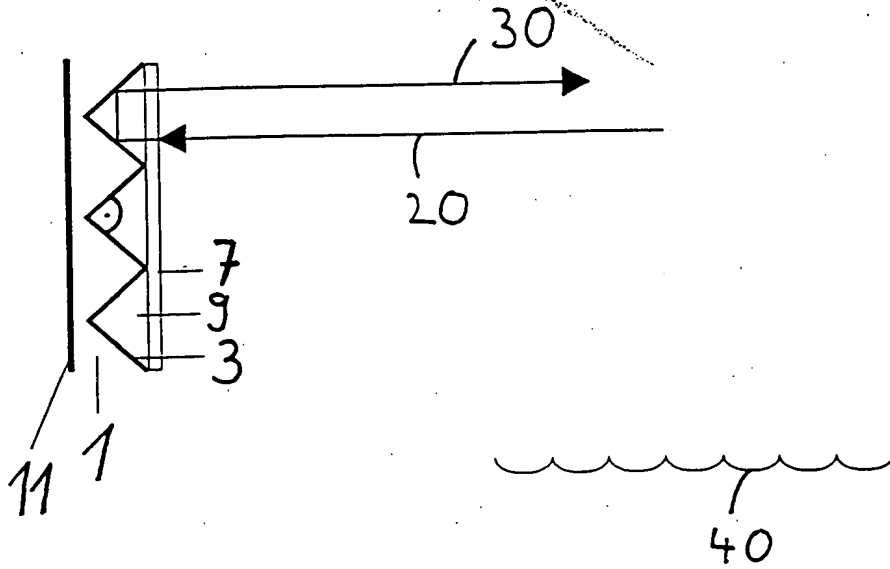
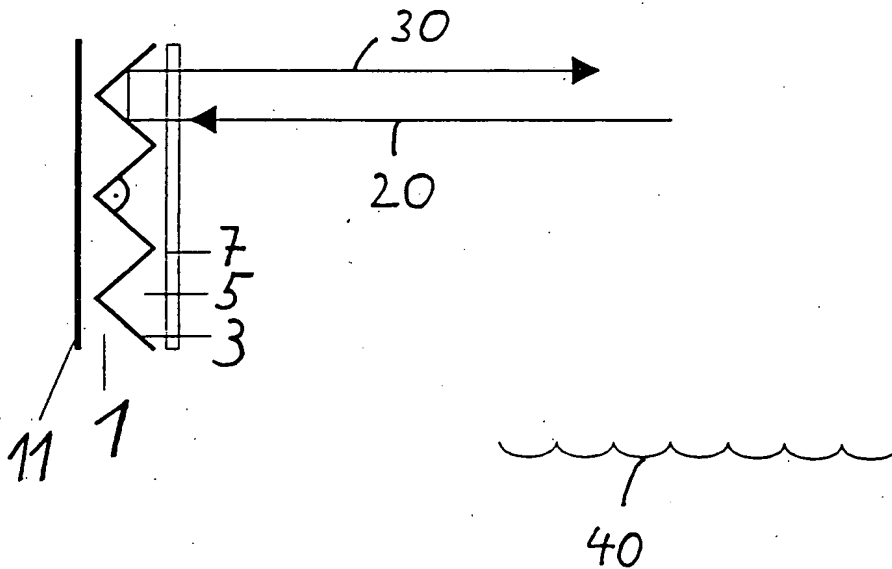


Fig. 3



GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

11.03.97

GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

5 Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur IR-Tarnung, insbesondere von Schiffen. Erfindungsgemäß wird dem bedrohenden IR-Sensor mittels eines IR-Reflektors, der an dem zu tarnenden Objekt angeordnet ist, Horizontstrahlung eingespiegelt, so daß im Infraroten eine Anpassung des zu tarnenden Objekts an dessen Hintergrund erreicht wird.

(Fig. 2)

GEHEIM

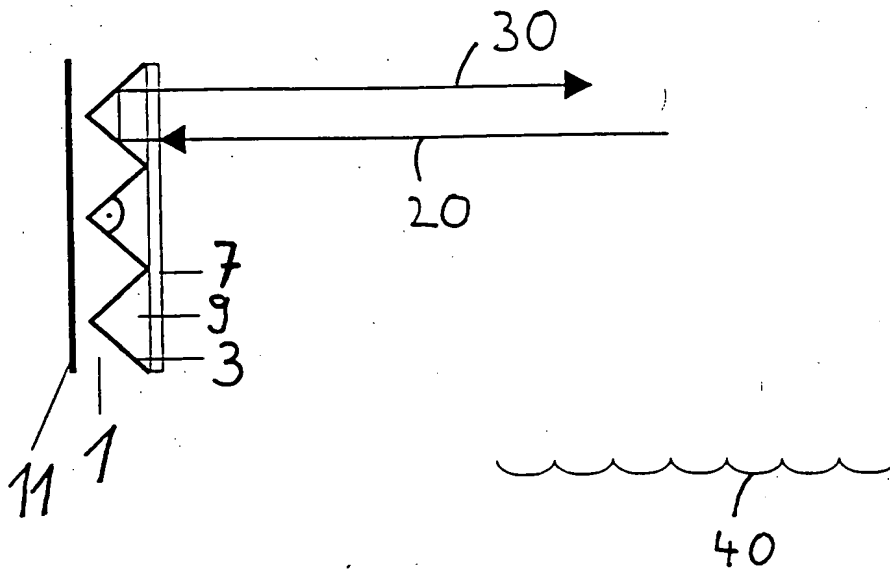
auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

14.03.97

GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

Fig. 2



GEHEIM

auf amtliche Veranlassung geheimgehalten

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)